

農村地域における汚濁負荷の流出

長 裕幸・戸原 義男・加藤 治

(土地改良学教室)

昭和59年5月12日 受理

Run-off of Pollutional Load from Agricultural Area

Hiroyuki CHO, Yoshio TOHARA and Osamu KATO

(Laboratory of Irrigation and Drainage Engineering)

Received May 12, 1984

Summary

The loading unit mass of various pollutional sources in agricultural area was investigated on a basin of Onga River.

First, the pollutional loads in household wastewater was measured directly at rural residential district, and various informations for wastewater events were obtained through questionnaires.

Based on those data, the pollutional load of each wastewater event was calculated on COD, Total N, Total P, by multiple regressional analysis. It became clear that the mass loading in laundry wastewater of this district was smaller than that observed at other urban district.

Secondly, the loading unit mass of other pollutional sources in the area was estimated by results of model analysis and literature reviews, and volume of each source was researched. And then the total mass of run-off pollutional loads from five blocks into which the basin was separated was calculated.

Thirdly, the regression equation was considered between pollutional loads and amount of run-off water at the surveying stations in each block. The total mass of pollutional loads in the river water for one year was obtained.

Finally, the multiple regression equation was analysed which was estimated by the relation between the mass of run-off loads from various pollutional sources to the river and the mass loading in the run-off river water.

As a result of analysis, it became clear that the estimated value of the load with respect to cattle was bigger than actual value.

1. 緒 言

近年、全国各地で農村地域を対象にした広域水質管理計画が行なわれているが、計画を推進していく上で、水質汚濁源に対するデータの集積、河川の水質調査及び解析は、その基礎となるものである。

河川の水質を解析するには、流域規模での負荷量の収支を計算する必要があるが、流域内に存在する個々の汚濁源は無数にあり、それぞれに対し正確な負荷量をもとめるのは困難である。

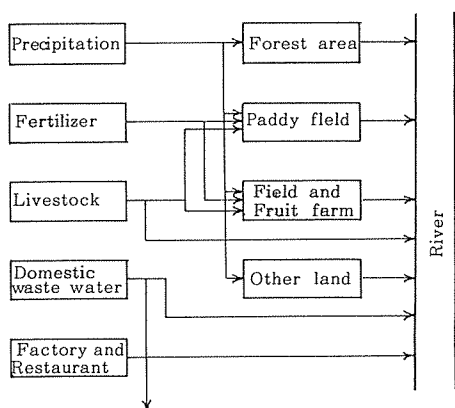


Fig. 1.1 Flow-chart of pollutional sources in agricultural area.

そこで、実際には、Fig. 1.1 に示すように汚濁源を大きく面源と点源に分け、面源は山林、水田、畑、樹園地、その他に分類し、点源は人に由来するもの、家畜に由来するもの、工場等に由来するものと大きく分けて、各々の平均的な原単位をもとめて、河川への流出負荷量を算定している。

しかし、原単位の地域的、時間的変動は大きく、全国的に基準値を定めていくのは今後の大きな課題となっている。

本論では、前報⁸⁾と同様に福岡県遠賀川支流、泉河内川、穂波川、大分川流域の農村地域をモデルに選び、まず、直接実測を行なった人に由来する負荷のうち、道路側溝等に排出される生

活雑排水の汚濁負荷について、原単位の算定ならびに、他地域の値との比較を行ない、アンケート調査結果より 1 日の時間特性をもとめ、原単位の構造分析を試みた。

続いて、前報⁸⁾、現地における施肥料調査、他資料及び実測結果より、面源、点源の汚濁流出負荷原単位を定め、域内の汚濁源数量をもとめて、流域から河川への流出負荷を試算した。また、基準点で得られた流達負荷量より、流達率を計算することによって、使用した原単位の適合性を検討した。

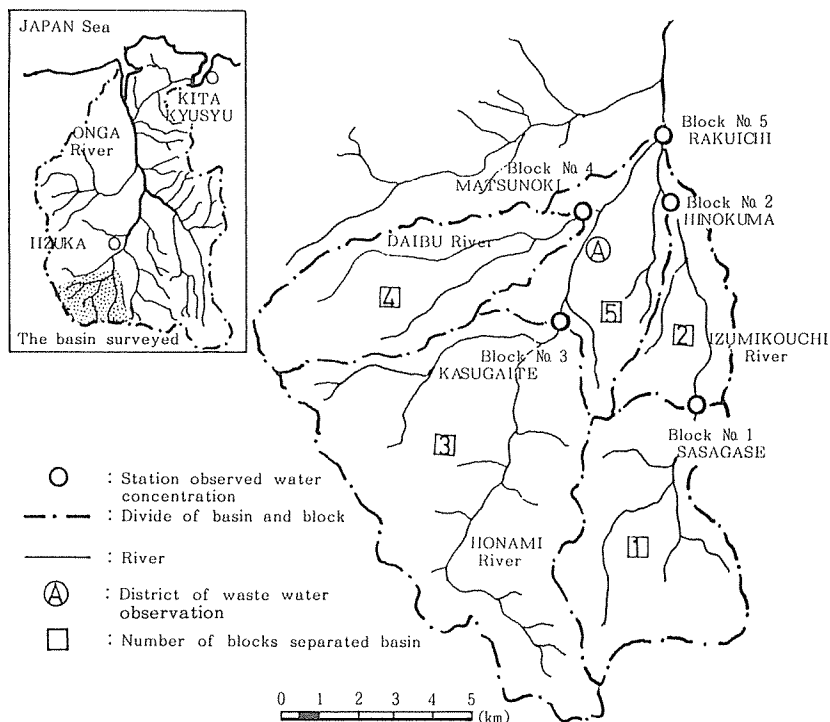


Fig. 2.1 Location of basin investigated, blocks separated, stations at which water concentration was measured, district at which household wastewater was surveyed.

2. 農村集落生活雑排水の汚濁負荷原単位

2. 1 現地調査

2. 1. 1 調査対象

本論で調査を行なった流域のブロック概要図を Fig. 2.1 に示す。集落生活雑排水調査を実施したのは図中の④で示された場所にある I 集落である。周辺には農地が広がり、幾つかの集落が散在している。

この I 集落の中で、他からの流入水要因の無い21戸のブロックを調査対象とした。ブロックの人口は73人、昼間人口は12人前後と少なく、サラリーマン型家庭がほとんどであった。住宅は全て1戸建てであり、ブロック内に他の面源や点源は存在せず、し尿は地区外に搬出されており、生活雑排水は道路側溝に排出されていた。従って、晴天時には、生活雑排水だけが道路側溝を流れていると考えられる。また、側溝の下流末端は最終的に河川に直接流されており、都市域の様に、浄化槽を通す集落は、この地域ではほとんど無かった。

2. 1. 2 調査期日

道路側溝での流入水の通日調査及び住民の協力によるアンケート調査を行なった。期日は次の通りである。

流入水調査	第1回	昭和57年7月21日
	第2回	〃 9月28日
アンケート調査		昭和58年10月～11月

なお、アンケート調査については、昭和57年7月～9月時における状況について解答をもとめた。

2. 1. 3 流入水調査

a) 流量測定

対象地区道路側溝下流端に簡易小型三角ゼキを設け、水位 H より、下記の流量公式⁶⁾を用いて流量 Q をもとめた。

$$Q = Ch^{\frac{5}{2}} \quad \dots\dots(1)$$

$$h = H - D$$

$$C = 1.354 + \frac{0.004}{h} + (0.14 + \frac{0.2}{\sqrt{D}}) (\frac{h}{B} - 0.09)^2$$

$$B = 0.33$$

$$D = 0.15$$

b) 水質測定

1時間毎にセキの下流で採水を行ない、即日にサンプルを持ち帰り、分析を行なった。分析項目は12項目にわたっているが、本論の解析に必要な COD, T-N, T-P についての分析法は次の通りである。

COD は酸性法, JIS, K-0102-17, $\text{NH}_4\text{-N}$ は吸光光度法(フェノール次亜塩素酸法), JIS, K-0102-42-2, $\text{NO}_3\text{-N}$ は吸光光度法(フェノールジスルホン酸法), 新水質化学分析法, Org-N はケルダール分解法, JIS, K-0102-45-1, T-N は $\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N} + \text{Org-N}$,

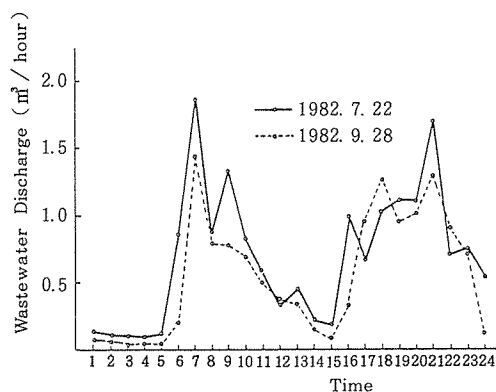


Fig. 2. 2 Wastewater discharge per hour measured at drain in this district.

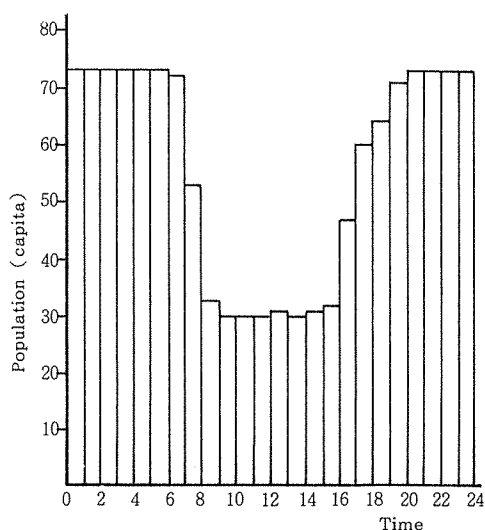


Fig. 2. 3 Variation of population of this district in a day.

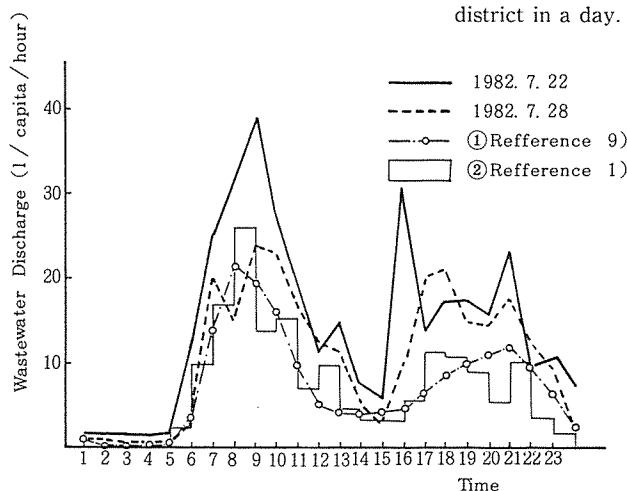


Fig. 2. 4 Wastewater discharge per hour per capita of this measurement and literature review.

T-P は吸光光度法 (モリブデン青法), JIS. K-0102-46-3-2.

2. 1. 4 アンケート調査

流入水調査からもとめた原単位の構造分析を行なう目的で、後日、アンケート調査を実施した。主な設問項目は、①家族構成、②1日24時間の時間毎の在宅人数、③各排水項目(朝・昼・夕食の仕度、片付け、洗たく、入浴、浴槽の排水)の行動時間、④洗たく使用洗剤名、等々であり水質調査時(7月～9月)の平日について解答をもとめた。アンケート用紙は21戸全部に配り、全戸から回収した。

2. 2 調査結果

初めに、流量の時間変動を Fig. 2. 2 に示す。次にアンケート調査よりもとめたこの地区の在

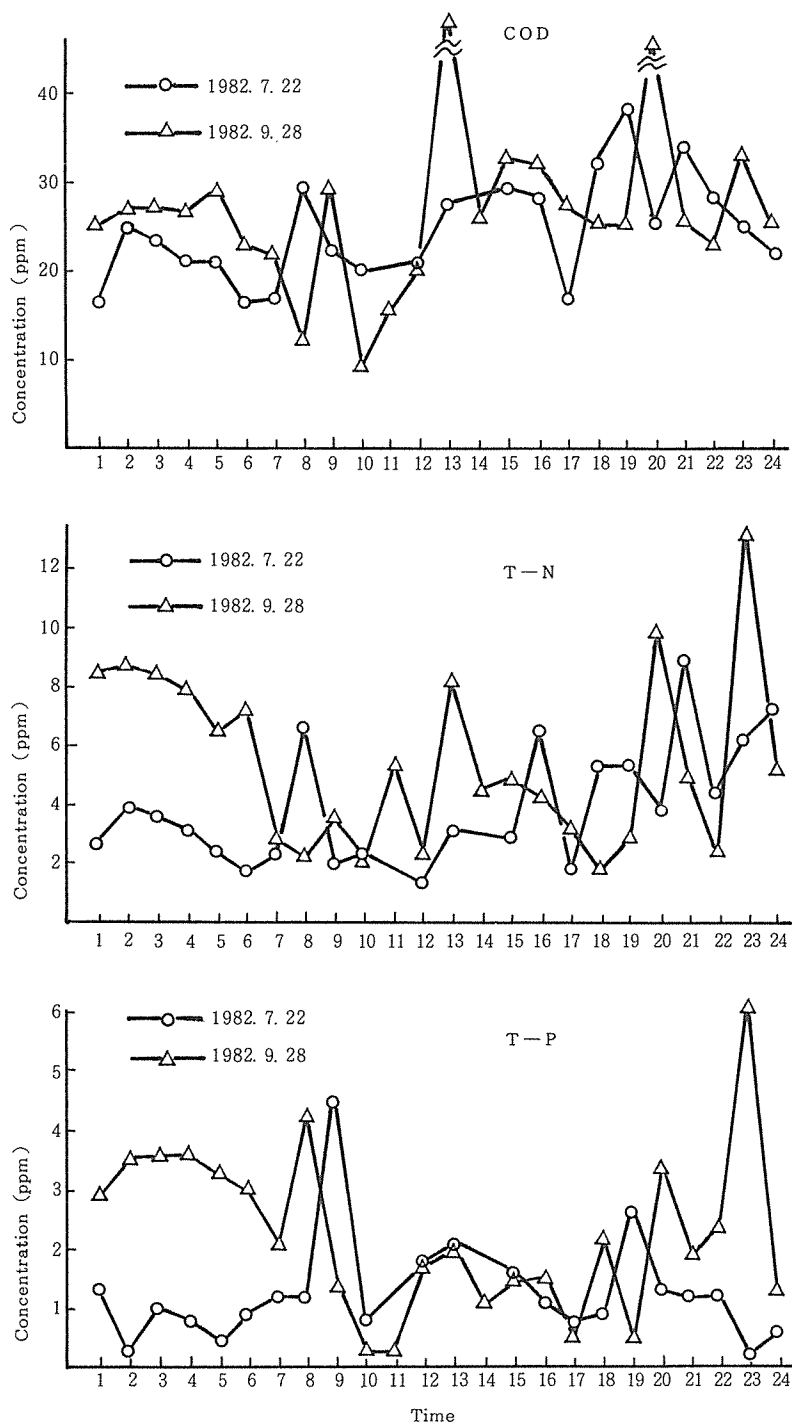


Fig. 2.5 Concentration of household wastewater measured at drain in this district.

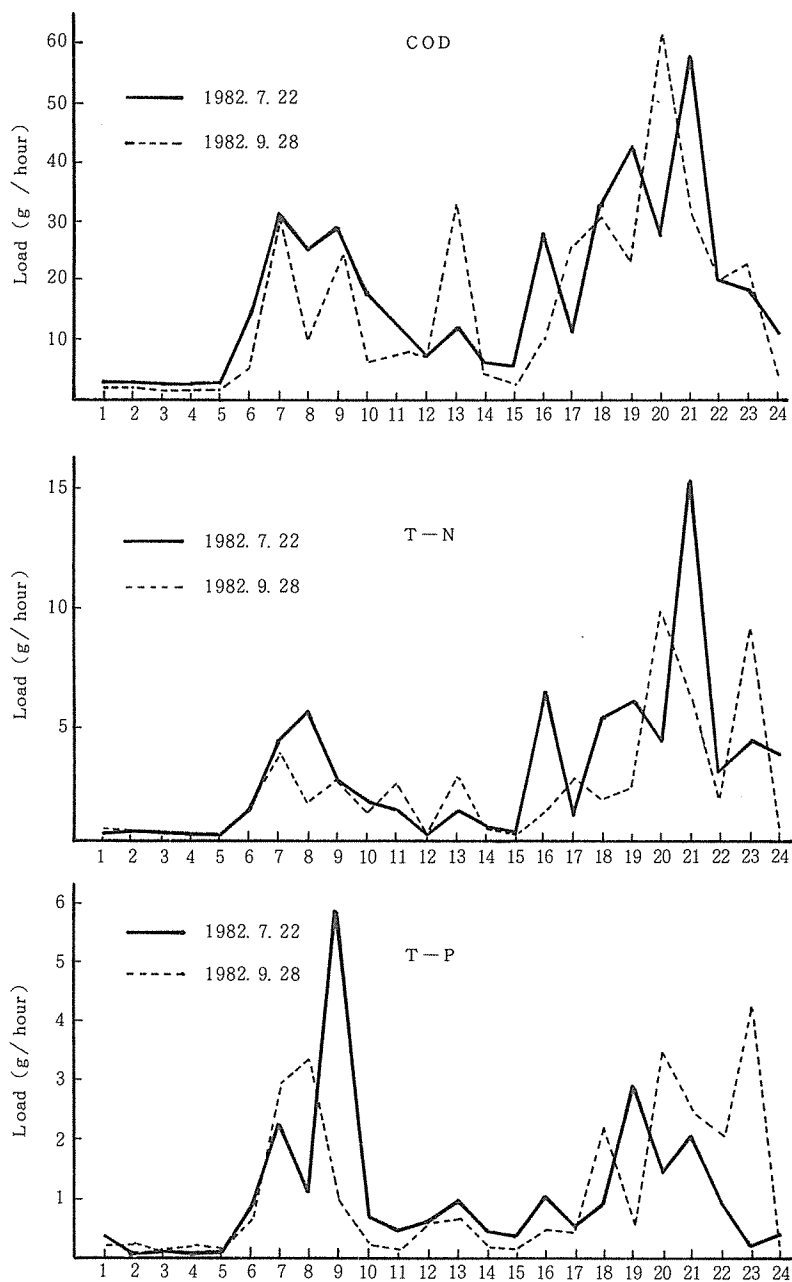


Fig. 2. 6 Value of mass loading in household wastewater measured at drain in this district.

Table 2. 1 Discharge and load from household wastewater of this observation and literature review.

COD (g/capita/day)	T-N (g/capita/day)	T-P (g/capita/day)	Discharge (l/capita/day)	Number of people	remark
5.84	0.998	0.332	228.8	73	} this observation '82, Jul, 22th '82, Sept, 28th
5.10	0.794	0.344	180.5	73	
—	3.0	0.77	258.0	3000	city modern apartments
12.2	1.16	0.68	113	40	10 households
10.6	1.3	0.9	130	320	official residence in suburbs of SENDAI
21.1	2.41	0.5	100	16	4 farmhouses in NAGANO Pref.
13.7	1.63	0.37	—	—	result of observations in 9 local cities
5.5	1.0	0.4	120	17	3 farmhouses at BIWAKO district (1979)
13.8	1.2	0.3	116	27	5 farmhouses at BIWAKO district (1980)
18.0	1.2	0.52	100	—	3~5 farmhouses at SUWAKO district
15.5	3.0	0.83	—	—	observation by the Ministry of Construction (1970)
18.7	2.6	1.3	—	—	CHIBA Pref. (1974)
—	2.7	0.86	—	—	KANAGAWA Pref. (1971)
—	2.2	1.1	—	—	OSAKA Pref. (1971)
—	1.48	0.82	169	130	Reference 9)
21.0	7.9	1.16	177	1000	Reference 1)
12.2	1.16	0.678	—	—	Reference 2)

Table 2. 2 The number of persons participated in wastewater events per hour in this district.

Time	Bath	Laundry	Breakfast	Midday meal	Evening meal
A.M 5~6	0	0	7.0	0	0
6~7	0	0	26.5	0	0
7~8	0	20.0	12.0	0	0
8~9	0	24.0	20.5	0	0
9~10	0	14.0	5.0	0	0
10~11	0	11.0	2.0	0	0
11~12	0	0	0	2.5	0
P.M 12~1	0	0	0	11.5	0
1~2	0	0	0	13.5	0
2~3	0	0	0	0.5	0
3~4	0	0	0	0	0
4~5	0	0	0	0	7.5
5~6	1.0	0	0	0	20.5
6~7	11.4	0	0	0	12.5
7~8	13.4	0	0	0	11.0
8~9	22.7	0	0	0	19.5
9~10	16.7	4.0	0	0	2.0
10~11	7.7	0	0	0	0
Total	72.9	73.0	73.0	28.0	73.0

Table 2.3 Literature review ; loading value of each household wastewater event.

Load	Literature	Bath	Cooking, Dishwashing	Laundry	Rest	Total
COD	(2)	0.9	8.7	2.6		12.2
T-N	(1)	0.86	1.15	0.39	0.07	2.46
	(2)	0.23	0.68	0.25		1.16
T-P	(1)	0.020	0.320	0.579	0.059	0.978
	(2)	0.021	0.167	0.490		0.678

(1); Reference 5)

(g/capita/day)

(2); Reference 2)

宅人数の時間変動を Fig. 2.3 に示す。これより昼間不在人口を考慮した流量の時間変動は Fig. 2.4 の様になる。ここで①は山根ら⁹⁾が640戸の新興住宅団地でもとめた污水处理施設流入水量であり、これはアンケート調査より昼間人口を考慮している。②は岩崎ら¹⁾が佐賀県でもとめた流量変動であり、昼間人口は考慮されていないが生活雑排水だけを調べている。この図より当地区の流量変動は、日変動が大きい、朝と夜のピークの存在は共通であり、傾向としては一般的であると思われる。

次に水質の変動を Fig. 2.5, また負荷量の時間変動を Fig. 2.6 に示す。これより生活雑排水

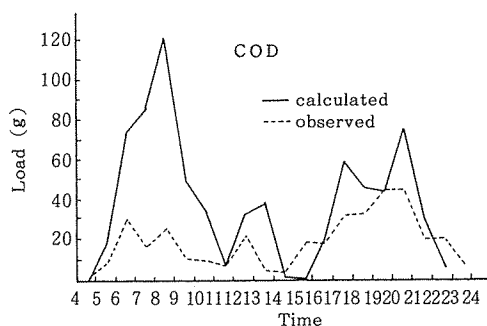


Fig. 2.7 Comparison of the quantity of COD load from household wastewater between measured directly and calculated based on literature review.

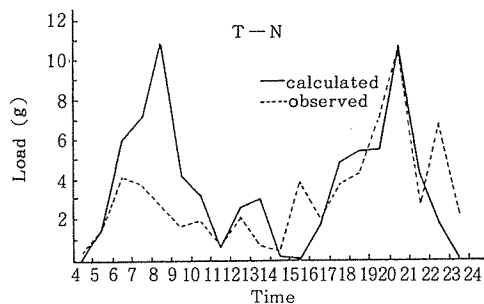


Fig. 2.8 Comparison of the quantity of Total N load from household wastewater.

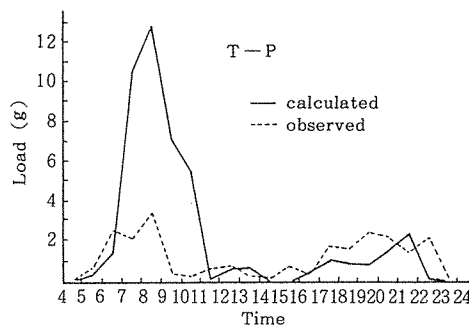


Fig. 2.9 Comparison of the quantity of Total P load from household wastewater.

に関する COD, T-N, T-P の汚濁負荷原単位をもとめると Table 2.1 の様になる。また、同表に他地域での観測値の例を示す。⁵⁾一般に原単位は対象地域の全人口で除した値を用いており、昼間不在人口については考慮されておらず、厳密な意味での原単位、g/capita/day、の比較はできないが、全人口で除した値で比べてみると、当地域の値は、COD, T-N, T-P 全てに小さいことがわかる。他地域での値の大部分が都市域における下水道計画に対する測定値であるので、ここでもとめられた当地域の値は農村域での特性を示している様に思われる。そこで、この原単位の構造を分析する目的で、アンケー

ト調査結果における生活雑排水の各排水項目に対する行動時間より地区内の対象人数を1時間単位でもとめ Table 2.2 にまとめた。ここで人数に端数がついているのは、行動時間帯が2時間以上にわたっている場合、1時間平均をもとめた理由による。

次に兼子ら²⁾が1975年に名古屋市の10家庭を対象に調べた家庭排水の汚濁源別発生負荷原単位 (Table 2.3)、に Table 2.2 の値を乗じて時間ごとの負荷量をもとめた。ここで食事の項目に関しては一括してあるので、朝、昼、夕で等分して各食事の原単位と仮定した。Fig. 2.7, Fig. 2.8, Fig. 2.9 に実測値と比較したものを示す。

これより、COD, T-N, T-P ともに午後は、実測値と計算値が同程度の値をとっているが、午前中、特に洗たく負荷が卓越している時間帯では、差が大きくなっている。従って、兼子ら²⁾の結果と比較して、この地区の生活雑排水原単位では、洗たく負荷の小さいことが考えられる。そこで、次に、重回帰式を用いて、この地区の発生源別汚濁負荷原単位の推定を試みた。

2.3 発生源別汚濁負荷原単位の推定

Table 2.2 に示された人数と、実測負荷量から次の重回帰式を設定した。

$$y = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + a_5x_5 \quad \dots\dots(2)$$

ここで

y : 1時間ごとの各時刻における実測負荷量 (g/hour)

x_1 : 1時間ごとの各時刻におけるこの地区での風呂対象人数

x_2 : 1時間ごとの各時刻におけるこの地区での洗たく対象人数

x_3 : 1時間ごとの各時刻におけるこの地区での朝食 (仕度, 片付け) 対象人数

x_4 : 1時間ごとの各時刻におけるこの地区での昼食 (仕度, 片付け) 対象人数

x_5 : 1時間ごとの各時刻におけるこの地区での夕食 (仕度, 片付け) 対象人数

$a_1 \sim a_5$: 説明変量 $x_1 \sim x_5$ に対する偏回帰係数

従って、最小自乗法によって係数 $a_1 \sim a_5$ を決定することにより各排水項目に対する原単位, g/capita/day を推定することができる。

Table 2.4 Estimated value of load from each household wastewater event, in gram per capita per day, by means of multiple regression analysis, and multiple correlation coefficient.

Load	a_1 Bath	a_2 Laundry	a_3 Breakfast	a_4 Midday meal	a_5 Evening meal	R Multiple correlation coefficient
COD	1.133	0.234	1.137	1.096	1.544	0.88
T-N	0.292	0.039	0.148	0.133	0.158	0.71
T-P	0.082	0.037	0.107	0.048	0.062	0.91

計算の結果を Table 2.4 に示す。ここで、重回帰式の実測負荷量に対する有意性の検定は、分散分析及び重相関係数の計算によって行なった。分散分析では、COD, T-P は 1%, T-N は 5% の危険率で有意であった。また同表に示している様に、重相関係数も充分高く、これより、兼子ら²⁾がもとめた Table 2.3 の値と比べ、特に洗たく負荷の小さいことが統計的に推定できた。

2. 4 結 論

実測の結果、この地区における生活雑排水汚濁負荷原単位 (COD, T-N, T-P) が他の都市地域での観測値に比べ小さかったが、原単位の構造を分析した結果、洗たく由来の負荷が特に小さくでていることがわかった。

この理由としては、①地区内の当日における洗たく家庭が少なかった。②洗たく負荷そのものが都市域に比べ小さかった。③洗たく負荷の流出を完全には捕そくできなかった、などが考えられる。

従って、今回の 2 日間の調査だけでは原単位を分析することにより、農村地域の特性をはっきりと解明するまでには至らなかったが、今後のデータの集積によって、原単位の地域特性を明らかにして行くことができると思われる。

なお、アンケート時に行なった洗剤名調査より、成分を検討した結果、大部分の家庭で無リン粉末系の洗剤を使用しており、有リン粉末系は 1 家庭だけであった。これは全国的な傾向であり、昭和 57 年度調査によると⁴⁾全洗たく用粉末合成洗剤中のリン分 (P_2O_5) の平均は 3 % 台と大幅に削減されてきている。従って、洗剤の成分の変化に伴い、洗たく由来の流出負荷量自体も過去の測定値と比べ変化していると考えられることができる。

3. 流達率の算定による農村地域の使用原単位の適合性についての検討

農村地域流域内の主要汚濁源として、面源 (—林地, 水田, 畑, 樹園地, その他) と、点源

Table 3. 1 Load per unit volume from each polluttional sources in this surveyed area.

Source	COD			T-N			T-P		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Forest area (g/ha/day)	288.0	38.5	122.0	38.4	9.5	19.2	1.3	0.4	0.7
Paddy field	189.0	7.0	68.0	62.0	49.0	54.0	2.9	0.6	1.4
Field and Fruit farm	16.0	7.0	10.0	112.0	49.0	70.0	1.5	0.6	0.9
Other land	137.0	29.0	65.0	81.0	28.0	46.0	3.8	0.4	1.5
Livestock (g/head/day)									
Cattle		106.0			87.0			10.0	
Pig		26.0			12.0			5.0	
Household wastewater (g/capita/day)									
Street drain		5.5			0.9			0.4	
Purifier		3.0			1.0			0.3	
Feces and Urine									
Combined purifier		3.0			6.3			0.5	
Indipendent purifier		6.0			6.3			0.8	
Home purifier		3.5			8.4			0.6	
Restaurant (g/door/day)		250.0			70.0			14.0	

Note : I, Irrigation season (Jun.~Sept.) II, Other season (Oct.~May.) III, One year
Factory value was omitted.

(人、家畜、工場等)に分類し、Fig. 2.1 に示した流域ブロックの各基準点での流達負荷量の実測値から各汚濁源に対して算定した原単位の適合性を検討してみた。

3. 1 各原単位の値と算定方法

本流域においてもとめた各汚濁源に対する原単位の値を Table 3. 1 に示す。

a) 山林

前報⁸⁾においてもとめた同流域内の自然系汚濁負荷量より、COD、T-N、T-P について原単位を定めた。

b) 水田

水田からの汚濁負荷の流出については、施肥、水管理方法、降雨、用水、浸透、蒸発散等の要因が複雑に組み合わされており、モデルを作製する正確な資料が無いので、全国各地で行なわれた水田群での実測値の平均値を用いた。

c) 畑・樹園地

水田と同様の理由で、COD、T-P に関してはモデル圃場調査に基づく全国値、T-N に関しては、流域における施肥調査結果に、資料⁸⁾等 に示されている施肥の平均的な溶脱率、流出率を乗じて全国値に近い値で与えた。

d) その他

その他とは、流域内の山林、田、畑を除いた全ての面積を対象にしており、これは降雨負荷の表面流出量と考え、ここでは当地域の観測降雨水質の平均値に昭和48～57年の10年間にわたる期間内の平均降雨量を乗じてもとめた。

e) 人

生活雑排水に関する原単位は、I 集落における実測値で代表させた。また、し尿の流出分については、流域別下水道整備総合計画指針と解説（流総指針）に示されている値に基づいて与えた。

f) 家畜

家畜（牛・豚）の発生負荷原単位は Table 3. 2 の様に各省庁で基準値となるものが与えられている。従って、発生負荷原単位についてはこれらの値を用い、流出率については、ふん尿の処理形態が多様であり、直接流出分が把握できないので、既存資料⁷⁾により農地還元率を0.7とし、0.3を流出率と仮定した。

Table 3. 2 Literature review ; production of load by livestock (cattle and pig).

Livestock Load	Cattle (g/head/day)			Pig (g/head/day)		
	COD	T-N	T-P	COD	T-N	T-P
Ministry of Agriculture and Forestry and Fisheries	400	290	50	90	40	25
Ministry of Construction	530	378	56	130	40	25
Environmental Agency	530	290	50	130	40	25
Adopted value	530	290	50	130	40	25

g) 工場、飲食店

同流域は純農村地域であり、流達負荷に影響を与える様な、大工場等の点源は存在せず小規模なものに限られた。また、原単位としては、直接の実測が困難であるため、流総指針に記載されている業種別、出荷額に対する原単位を用い計算を行なった。

Table 3. 3 Volume of polluttional sources in each block.

Source	SASAGASE Block No. 1	HINOKUMA Block No. 2	KASUGAITE Block No. 3	MATSUNOKI Block No. 4	RAKUICHI Block No. 5
Forest area (ha)	1328	335	2798	980	477
Paddy field	218	163	411	243	273
Field and Fruit farm	81	25	113	71	78
The other land	233	277	409	296	322
People (capita)	910	5958	3816	3373	7674
Cattle (head)	730	150	784	300	279
Pig	226	30	—	—	—
Restaurant (door)	—	13	16	5	74
Factory (million yen/day)	—	10.1	2.4	4.0	16.4

Table 3. 4 The sum of polluttional load in a year, from each block area and in the river water.

Block		Forest	Paddy field	Field Fruit farm	Other land	Livestock	People	Restaurant	Factory	Total	River water
1. SASAGASE	COD	161.876	14.788	0.811	15.168	83.154	9.057	0.0	0.0	284.853	221.876
	T-N	25.444	11.629	5.810	10.652	66.199	1.395	0.0	0.0	121.128	83.983
	T-P	0.930	0.298	0.073	0.358	8.512	0.487	0.0	0.0	10.659	2.964
2. HINOKUMA	COD	40.835	11.057	0.250	18.032	16.653	57.017	3.250	1.330	148.424	407.537
	T-N	6.419	8.695	1.793	12.663	13.411	13.155	0.910	0.095	57.141	109.908
	T-P	0.235	0.223	0.023	0.426	1.661	3.398	0.182	0.012	6.159	4.428
3. KASUGAITE	COD	341.061	27.879	1.131	26.625	82.909	37.995	4.000	0.347	521.946	352.674
	T-N	53.609	21.925	8.105	18.698	68.262	5.977	1.120	0.019	177.713	128.380
	T-P	1.961	0.563	0.102	0.628	7.846	2.053	0.224	0.003	13.380	6.207
4. MATSUNOKI	COD	119.457	16.483	0.711	19.269	31.725	31.970	1.250	0.219	221.084	139.910
	T-N	18.777	12.963	5.092	13.531	26.121	4.856	0.350	0.030	8.720	43.164
	T-P	0.687	0.333	0.064	0.455	3.003	1.714	0.070	0.002	6.326	1.789
5. RAKUICHI	COD	58.144	18.518	0.781	20.962	29.504	75.396	18.500	2.337	224.142	931.147
	T-N	9.139	14.563	5.594	14.720	24.292	15.026	5.180	0.172	88.687	272.846
	T-P	0.334	0.374	0.070	0.495	2.792	4.320	1.036	0.021	9.442	14.159
Note ; values are average of a year										(kg/day)	

Table 3. 5 Calculation of regression equation between run-off load and run-off water on every observatory.

Block Name		L = aQ ^b		Correlation Coefficient
		a	b	
1. SASAGASE	COD	195.5	1.420	0.902
	T-N	102.6	1.058	0.940
	T-P	3.240	1.211	0.811
2. HINOKUMA	COD	282.5	1.228	0.825
	T-N	96.06	1.011	0.937
	T-P	2.540	1.367	0.857
3. KASUGAITE	COD	142.1	1.305	0.972
	T-N	89.35	0.910	0.937
	T-P	3.191	1.152	0.838
4. MATSUNOKI	COD	187.8	1.187	0.934
	T-N	62.81	1.038	0.927
	T-P	2.431	1.169	0.784
5. RAKUICHI	COD	85.11	1.422	0.958
	T-N	52.48	1.132	0.918
	T-P	2.918	1.011	0.700

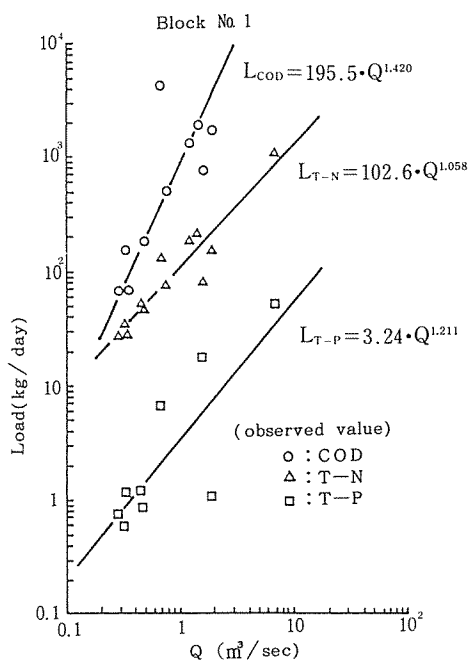


Fig. 3. 1 Relation between the quantity of run-off load and run-off water at SASAGASE, Block No. 1.

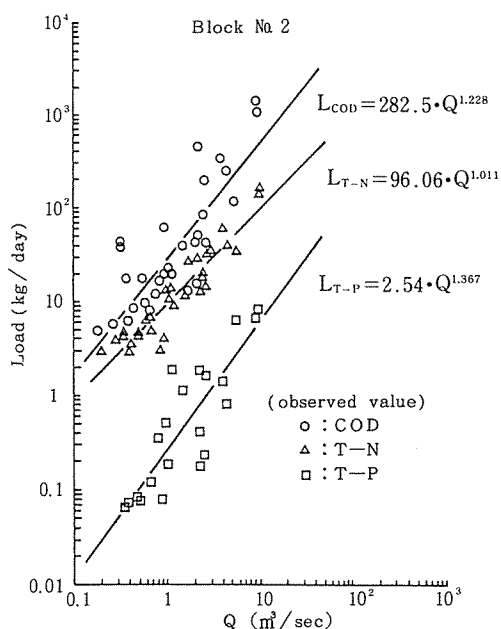


Fig. 3. 2 Relation between the quantity of run-off load and run-off water at HINOKUMA, Block No. 2.

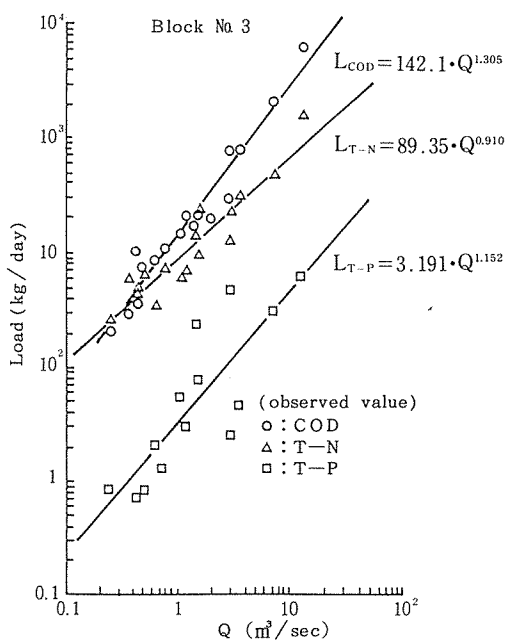


Fig. 3. 3 Relation between the quantity of run-off load and run-off water at KASUGAITE, Block No. 3.

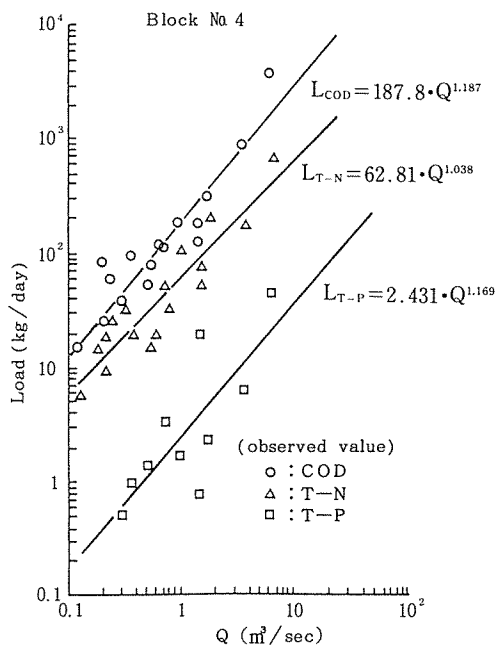


Fig. 3. 4 Relation between the quantity of run-off load and run-off water at MATSUNOKI, Block No. 4.

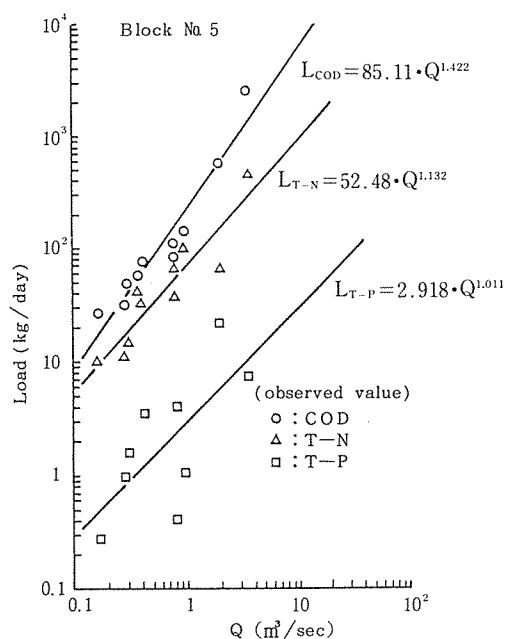


Fig. 3.5 Relation between the quantity of run-off load and run-off water at RAKUICHI, Block No. 5.

3. 2 ブロック別汚濁流出負荷量

Table 3. 3 に各ブロック別にもとめた各汚濁負荷源の数量 (1982年時) を示す. Table 3. 1 に示した原単位に各数量を乗じて各ブロック別に流出負荷量をもとめた結果, Table 3. 4 の様になった.

3. 3 各基準点における流達負荷量

Fig. 2. 1 に示した各ブロック下流端に設けた基準点における測定結果より負荷量と流量の関係を前報⁸⁾と同様, 流達能力型モデル,

$$L = aQ^b \quad \dots\dots(3)$$

ここで L ; 負荷量 (kg/day)

Q ; 流量 (m^3/sec)

の形でとめた. 結果を Fig. 3. 1~Fig. 3. 5, Table 3. 5 に示す. これより, 各ブロックにおける(2)式の適合性は十分に高いと考えられる. そこで, 次に1982年の同流域の流量より, 各ブロック流域面積に対する比流量を用いて, 同定

された(2)式に代入し, 流達負荷量をもとめた. 結果は Table 3. 4 に示されている.

3. 4 流達率の計算及び考察

以上の様な方法でもとめられた各ブロックにおける流出負荷量と流達負荷量より, その比をとり, 流達率をもとめた. Table 3. 6 に結果を示すが, この表より, 各ブロック, 各水質項目によって流達率が様々であり, 1.0を越えるものもあることが分かる. 実際的には, 各ブロックで汚濁源の特性を有しているとは思われるが, 河川内での流達率が基準点ごとに大きく異なるとは考えられない. 従って, この流達率のばらつきは, 流出負荷原単位の不正確さに起因して

Table 3. 6 Ratio between the total quantity of load run-off from each block area to river and that in the river water.

Block Name	I			II			III		
	COD	T-N	T-P	COD	T-N	T-P	COD	T-N	T-P
1. SASAGASE	0.901	0.862	0.064	0.468	0.490	0.157	0.779	0.693	0.278
2. HINOKUMA	1.037	0.758	0.047	0.736	0.454	0.112	0.941	0.617	0.263
3. KASUGAITE	0.777	0.800	0.116	0.538	0.628	0.293	0.676	0.722	0.464
4. MATSUNOKI	0.655	0.651	0.068	0.582	0.382	0.175	0.633	0.528	0.283
5. RAKUICHI	0.790	0.685	0.085	0.383	0.324	0.203	0.665	0.518	0.308

Note ; I Ratio with irrigated period (Jun.~Sept.)

II Ratio with other period (Oct.~May.)

III Ratio with one year

いると考えるのが妥当である。

そこで、次式の様な重回帰式を設定して、各汚濁源ごとの流達率について分析を行なってみた。

$$y = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 \quad \cdots(4)$$

ここで、 y ；流達負荷量

x_1 ；面源流出負荷量

x_2 ；点源、人の流出負荷量

x_3 ；点源、家畜の流出負荷量

$a_1 \sim a_3$ ；各汚濁源に対する流達率

この式で説明変量を $x_1 \sim x_3$ としたのは、本調査の場合ブロック数が5個しかないために数を制限せねばならない理由によるもので、ブロック数、即ちデータ数が多くなれば、さらに細かく分類できると思われる。

Table 3.4 から分る様に、面源負荷の約80～90%は林地、つまり自然系の流出負荷であり、原単位は同流域で解析された値を用いているので実測値に近い値をとると考えられる。また、点源のうち、人によるものは大部分が生活雑排水によるものであり、原単位は実測値を用いているので、 x_1 および x_2 は信頼度が高いと考えられる。そこで、負荷量が比較的大きく、流出経路の把握が難しいとされる畜産に由来する負荷量の検討を中心に試みた。

ここで、問題は各ブロックにおける誤差を最小とする(3)式の係数 a_1 , a_2 , a_3 をもとめることであるが、データ数が5個と少なく、各係数とも非負の条件を満たさねばならず、現実的には0.9～0.5位の範囲であろうと予測されることから、重回帰分析を行なっても満足な結果を得ることができない。そこで、ここでは、各係数に条件付きの範囲で回帰誤差を最小にするものをもとめてみた。また、分析を簡単化するために、実測中心である x_1 , x_2 の係数 a_1 , a_2 は等しいと仮定して計算を行なった。次に、この計算手順を述べる。

1. $a_1 = a_2$ と仮定し、 $a_1 = 1.0 \sim 0.5$ まで0.01 きざみで変化させる。

2. a_3 を次式により決定する。

$$a_3 = \frac{1}{N} \sum_{\lambda=1}^N \frac{(y_{\lambda} - a_1x_{1\lambda} - a_2x_{2\lambda})}{x_{3\lambda}} \quad \cdots(5)$$

ここで、 N ；ブロック数

Table 3.7 The result of analysis of multiple regression equation.

Kind of Load	I			II			III		
	COD	T-N	T-P	COD	T-N	T-P	COD	T-N	T-P
a_1 Total of land	0.84	0.89	0.50	0.57	0.50	0.50	0.77	0.68	0.50
a_2 People	0.84	0.89	0.50	0.57	0.50	0.50	0.77	0.68	0.50
a_3 Livestock	0.54	0.51	0.44	0.51	0.39	0.083	0.54	0.51	0.27
\sqrt{EV}	317.0	151.9	17.5	84.5	50.0	2.0	144.6	89.9	6.99

Note : I. Values with irrigation season (Jun.～Sept.)

II. Values with other season (Oct.～May.)

III. Values with one year

3. 残差； EV をもとめる.

$$EV = \sum_{\lambda=1}^N (y_{\lambda} - Y_{\lambda})^2 \quad \cdots \cdots (6)$$

ここで, $Y_{\lambda} = a_1 x_{1\lambda} + a_2 x_{2\lambda} + a_3 x_{3\lambda}$

4. $\left. \begin{array}{l} 1.0 \geq a_1 \geq 0.5 \\ 1.0 \geq a_2 \geq 0.5 \\ 1.0 \geq a_3 \geq 0.5 \end{array} \right\}$ の範囲で EV を最小とする a_1, a_2, a_3 をもとめる.

5. 4. を満たす a_3 が存在しない場合

$\left. \begin{array}{l} 1.0 \geq a_1 \geq 0.5 \\ 1.0 \geq a_2 \geq 0.5 \\ 1.0 \geq a_3 \geq 0.0 \end{array} \right\}$ の範囲で EV を最小とする a_1, a_2, a_3 をもとめる.

6. カンガイ期, ヒカンガイ期, 年平均における COD, T-N, T-P について $a_1 \sim a_3$ をもとめる.

計算の結果を Table 3.7 に示す. 上の方法で決定した流達率の値を検討してみると, 全体に畜産負荷の流達率 (a_3) が他に比べて小さいことがわかる. これは, 畜産の流出負荷原単位を大きく推定した結果であり, 実際には Table 3.4 で定めた値よりも流出量, 即ち平均的な流出率が小さかったことを意味している.

本調査ではデータ数が5個と少なく, 精度については不十分であったが, この様な手法を用いることによって原単位の適合性を合理的に検討することができる. また, 特に流達率の小さい部分を中心に現地調査等の必要性がもとめられており, さらに正確な河川への流出負荷原単位を同定していくことが今後の課題として残されている.

4. 結 語

農村地域における各汚濁源から河川への流出負荷原単位について検討を行なった.

まず流出負荷量の実測が可能であった集落生活雑排水について, 水質, 流量の通日調査及び生活アンケート調査を実施し, 負荷量の時間変動から原単位をもとめた結果, 他の都市地域の過去の観測値と比べ, COD, T-N, T-P とともに, かなり小さい値となった. そこで, その原因を調べる目的で, 他資料との比較, 重回帰分析により, 発生源別汚濁負荷原単位を推定し, 原単位の構造分析を行なった結果, 生活雑排水汚濁負荷中の特に洗たく由来の負荷が小さいことが分った. 従って, 今後, この様な方法で原単位の構造分析を行なうことにより, 原単位の地域特性や時間特性を把握することができれば, 全国的に原単位の基準化を行なっていくことが可能であると思われる.

次に, 前報⁸⁾ 及び他の調査資料等により本調査流域における面源, 点源の原単位を定め, 汚濁源数量調査よりもとめた値に原単位を乗じて流域内5ブロックからの河川への流出負荷量を試算した. また, ブロック内各基準点における実測からもとめた流達負荷量より, 重回帰式を設定し, 条件付きで回帰誤差を最小とする各汚濁源の流出負荷に対する流達率をもとめ, 原単位の適合性を検討した. その結果, 畜産由来の負荷の流達率が各水質項目について小さかったことにより, 流出負荷原単位が全体的に過大であることが分った. この様な方法を用いることにより, 各汚濁源からの流出負荷量の平均的な流達率の算定と同時に, 他の汚濁源に対して異なっている所を中心に原単位の見直しを行なっていくことができる.

5. 謝 辞

この研究は昭和58年度文部省科学研究費・試験研究「農業用排水の水質モデルの開発に関する研究」(代表者, 田中宏平) による研究成果の1部である。また, 九州大学・田中宏平教授, 山口大学・中西 弘教授には熱心な助言をいただいた, 記して心から感謝の意を表する次第である。

摘 要

農村地域における汚濁負荷原単位について遠賀川流域を対象に検討を行なった。

初めに, 農村地域の集落生活雑排水の汚濁負荷原単位について, 実測を行なうとともにアンケート調査を行ない, その結果に基づいて, COD, T-N, T-P について各汚濁発生源別の負荷量を重回帰分析によってもとめた。その結果, この地域においては, 洗たく由来の負荷が他地域の値に比べ小さいことがわかった。

次に, 同流域における他の汚濁源に対する流出負荷原単位をモデル解析結果や他資料等により定めるとともに, 各汚濁源の数量をもとめ, 5ブロックに分けた地域からの流出負荷量を計算した。

また, 河川に設けた各ブロック毎の基準点における実測負荷量と流量より回帰式をもとめ, 年間の流達負荷量を計算した。

各汚濁源からの流出負荷量と流達負荷量より重回帰式を設定し, 解析を行なった結果, 家畜の汚濁流出負荷原単位が実際よりも大きかったことがわかった。

引 用 文 献

- 1) 岩崎俊満・他(1980) 家庭雑排水の窒素, リン, 陰イオン界面活性剤の調査。佐賀県公害センター所報: 44-51
- 2) 兼子, 杉下, 高橋(1977) 家庭雑排水と尿尿の負荷及び処理性に関する考察。第14回下水道研究発表会講演集
- 3) 日本土壌協会(1983) 水質広域管理計画策定のためのマニュアル(案)。昭和57年度水質広域管理計画調査: 65
- 4) 日本石鹼洗剤工業会(1982) 昭和57年度石けん・洗剤統計。日本石鹼洗剤工業会資料: 139-144
- 5) 生活雑排水対策調査(1982) 昭和56年度環境庁委託業務結果報告書: 151-165
- 6) 水理公式集。土木学会編・昭和46年度改訂版: 255-256
- 7) 写真で見る九州の土壌と農業(1980) 農林水産省九州農業試験場研究資料等59号: 214
- 8) 戸原義男・他(1983) 自然系汚濁負荷の流出予測モデル。佐賀大農彙55: 109-124
- 9) 山根敦子・他(1981) 生活排水に占める洗たく用洗剤に由来する汚濁負荷。下水道協会誌 vol. 18, No.210: 11-19